



Mozgásérzékelés a WaveEye radar-szenzorcsaláddal – Nisshinbo Micro Devices

A New Japan Radio Co., Ltd. és a Ricoh Electronic Devices Co., Ltd. 2022 januárjától egyesültek és anyacégük a Nisshinbo Group részeként Nisshinbo Micro Devices Inc. néven folytatják tevékenységüket, melynek egyik területe a radar-szenzor technika. Az intelligens világítástechnikai, az automatikus ajtó és sorompó vezérlő rendszerek tervezői kompakt és energiatakarékos megoldások létrehozására törekcsenek, melyet általában mozgásérzékelés automatikus kapcsolás- vezérlés integrálásával biztosítanak. Manapság erre a feladatra a passzív infra (PIR) technológia terjedt el a legjobban, ami tökéletesen alkalmas az emberi test nagy amplitúdójú mozgásának érzékelésére, azonban nem képes például irodában ülő és nyugalomban dolgozó vagy otthon tévöző ember érzékelésére. A radar szenzor az egyik olyan eszköz, ami a PIR technológia említett hiányosságait kiküszöböli, alkalmas kis mozgások, mint a gépelés, a beszéd, vagy akár a légzés érzékelésére is.

Korábban a kereskedelemben kapható radar K-sávcs radar antennákhoz nagyfrekvenciás analóg elektronika és digitális jelfeldolgozó áramkörök illesztésére volt szükség, azonban ma már elérhetőcs olyan modulok, amikkel fenti feladatok megoldása egyszerű és olcsó, így kiválóan alkalmazhatócs jelenlét érzékelésre és a PIR technológia hiányosságainak áthidalására.

PIR szenzorok

A passzív infravörös szenzor (PIR) valójában a mozgó emberi test által kibocsátott hőnek a környezet hőmérsékletére való hatását érzékeli. Ez a sugárzás az infravörös tartományba esik 9.4µm hullámhossz körüli csúcserőtelécskel, melyet a PIR szenzor piroelektromos anyaga érzékel. Ami a detektor felépítését illeti, általában két, vagy négy érzékelő elemet tartalmaz a környezeti hőmérséklet változásának kiküszöbölésére, valamint Fresnel lencsét a sugárzás fókuszálására. A PIR szenzor horizontálisan jól érzékel, azonban a vertikális érzékeléscsel problémák lehetnek egyes kialakításoknál. A PIR technológia hátránya, hogy drága Fresnel lencsére van szükség és az, hogy csak tangenciális mozgás érzékelésére használható biztonságosan. Előnye az

olcsóság és az érzéketlenség a környezetben mozgó zavaró objektumokra.

Radar szenzorok

A radar szenzorok az emberi test kis mozgásaira is érzékenyek, és intelligens rendszerek érzékelőként ki tudják küszöbölni a passzív infra technológia korábban ismertetett hiányosságait. Azonban ahhoz, hogy érdemes legyen PIR szenzort kiváltani mikrohullámú eszközzel, annak olcsónak, kompaktnak, kisméretűnek és kis fogyasztásúnak kell lennie. Korábban a radar rendszerek meglehetősen drága és nagyméretű alkotóelemekből, például nehéz hullámvezetőkkel és drága Gunn-diódákból épültek fel, mely nehézkessé – esetenként lehetetlenné – tette a technológia hétköznapi használatát. Ma a planár technológia elterjedésével robusztus, költséghatékony és kisméretű szenzorok készíthetők.

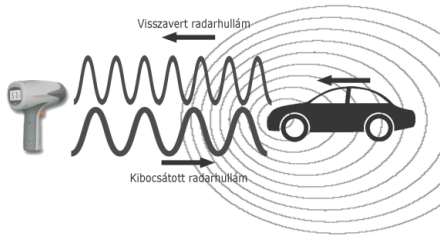
Működési elv

A radar modulok rádiófrekvenciás elektromágneses hullámokat bocsátanak ki, ezek frekvenciája a 18..27 GHz-es, úgynevezett K-Band sávba esik. A K-Band egy része a 24 .. 24.250 GHz-es tartomány, az ISM (Industrial, Science and Medical / Ipari, Tudományos és Orvosi) sáv, mely majdnem mindenhol a világon szabadon használható, itt

működnek a radar szenzorok is. A radarsugárzás a szilárd tárgyakról visszaverődik, és ez a reflexió adja az érzékelés lehetőségét. A radar vevőmodul által detektált visszavert sugárzás nagysága, nem csak a tárgy távolságától, hanem annak anyagától és méretétől is függ. A fémfelületek általában nagyon jó radar céltárgyak, de az emberi test is tökéletesen detektálható a nagy er –érték miatt, melyet a jelenlévő nagy mennyiségű víz okoz. Az emberi test a legkisebb kapható modulokkal is már kb. 10 méterről jól érzékelhető. A műanyagok nagy része a radarsugarak számára láthatatlan, ezért kiválóan burkolhatók velük a modulok a környezet káros hatásai ellen való védekezés során, míg például a PIR modulok esetén Fresnel lencsék és kültéri házak használatára van szükség.

A tárgyalat radar szenzorok működési alapelve a Doppler effektus, melynek segítségével bizonyos távolságra lévő tárgyak sebessége mérhető. A radar által kibocsátott elektromágneses hullám a mozgó tárgyról visszaverődve eltérő frekvenciával érkezik a vevőre, ennek a különbségnek a detektálásával a tárgy radarhoz képesti radiális sebességkomponensének direkt és nagy pontosságú mérésére van lehetőség. A Doppler effektus lényege a kibocsátott és a mozgó tárgyról visszaverődő detektált hullám frekvenciájának különbsége, mely jellemző a mozgó tárgy

sebességére. A Doppler effektus nap, mint nap tapasztalható, ha egy álló megfigyelő felé haladó, rögzített frekvenciájú hanghullámokat kibocsátó tárgy közeledik, majd távolodik.



Ilyenkor folyamatosan változó magasságú hangot hallunk, a hang egyre magasabb a mozgó objektum érkezésekor, áthaladáskor valós frekvenciát érzékelünk, majd elhaladáskor a hang mélyülni fog. A kibocsátott és a visszaverődő (érezkelt) frekvencia különbsége a megfigyelő és a kibocsátó egymáshoz képesti sebességével arányos. Az előbbi példában a kibocsátó objektum mozgó és a megfigyelő állt, radar szenzorok esetén a kibocsátó és az érzékelő is áll, viszont a visszaverő objektum az, ami mozog és okozza a Doppler effektust. A Doppler radar tehát objektumok mozgásának detektálására és azok sebességének mérésére használható. A visszaverő tárgy a szenzor hatókörébe érve annak kimenetén alacsony frekvenciájú szinuszos hullámot generál, melynek frekvenciája arányos az objektum sebességével.

A frekvencia transzformáció az alábbi képlettel írható le:

$$F_{\text{visszavert}} = F_{\text{kibocsátott}} (1+v/c) / (1-v/c)$$

Ahol v az objektum sebessége, c a fénysebesség (az elektromágneses sugarak haladási sebessége). A Doppler frekvencia számítása a következőképpen történik:

$$F_d = F_{\text{visszavert}} - F_{\text{kibocsátott}} = 2vF_{\text{kibocsátott}} / c,$$

tehát arányos a mozgó objektum sebességével. Az amplitúdó a mozgó tárgy távolságától, és annak visszaverő képességétől függ.

A sebesség pontos mérhetősége sokszor nagyon hasznos, és a kereskedelemben kapható mikrohullámú általános radarszenzorok erre alkalmasak, még nagyobb sebességek esetén is. Ha azonban az ember jelenlétének érzékelése a feladat, elég a maximum 1 m/s (3,6 km/h) sebességgel mozgó test detektálhatósága, viszont kis, olcsó és egyszerűen használható szenzor szükséges.

WaveEye K-Band Doppler szenzor a Nisshinbotól

Míg a hagyományos mikrohullámú szenzorok köré bonyolult áramkörök építése szükséges ahhoz, hogy a például intelligens világítástechnikai

berendezések vezérlésére lehessen használni őket, addig léteznek egyszerűbb, teljesen integrált, Doppler-technológián alapuló 24 GHz-es mikrohullámú mozgásérzékelő modulok is. Egy ilyen eszköz a cikkben bemutatott NJR4265 modul, melyben az antenna, az RF áramkör, az erősítők, szűrők, feszültség szabályozók és a digitális áramkör is egy 14 x 20.4 x 8.8 mm méretű tokban együtt kerültek elhelyezésre.



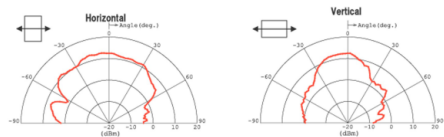
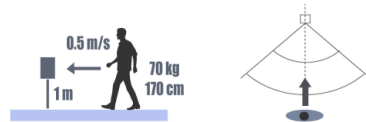
Az NJR4265 J1 kis sebességű közeli tárgy, például egy járókelő detektálására alkalmazható.

A mozgó tárgy biztonságos érzékelését a beágyazott szoftver segítségével valósították meg a tervezők, ez a program felel a véletlen mozgások és a szomszédos szenzorok áthallásának kiküszöböléséről, valamint a mozgás irányának (közeledés vagy távolodás) meghatározásáról is.

Az eszközre jellemző még az alacsony működési feszültség (3.3-5V) és a kis fogyasztás is, érzékelés közben az

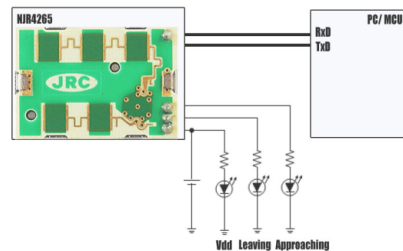
áramfelvétel 60 mA, míg nyugalmi állapotban mindössze 4 mA.

A sugárzási ábrán látszik, hogy mind tangenciális, mind vertikális irányban képes mozgást érzékelni a modul, ezzel lényegesen előnyösebb használata a PIR technológiával szemben.

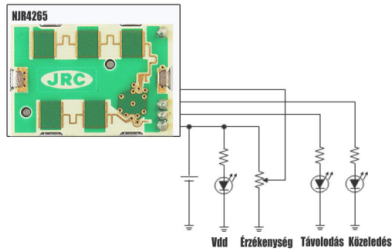


Az érzékelés maximális távolsága 10m, +/- 35 °-os szögben és a mozgó tárgy sebessége 0.25-1 m/s között lehet. Ezeket az adatokat az ábrán látható elrendezésben mérték.

A modul alkalmazható MCU/PC-vel való együttműködésre, ez esetben az érzékenység beállítása a processzor feladata.



Amennyiben a modult önállóan kívánjuk használni, az ábrán bemutatott elrendezésben az érzékenység egy potenciométerrel lehetséges.



Mindkét esetben használhatunk a kijelző LED-ek helyett egy-egy vezérlőáramkört, ami a kívánt beavatkozást a rendszer számára biztosítja. (Pl. lámpa bekapcsolása közeledéskor illetve kikapcsolása távolodáskor)

Felhasználási terület

Mivel az NJR4265 kicsi, nincs szükség külső elemekre (pl. Fresnel lencse) és működése mikrohullámú radar technológián alapul, könnyedén beépíthető a vezérelni kívánt rendszer, például utcalámpa házába. Az elfogadható árszint és a könnyű használhatóság ideális kiváltójává teszi a problémás PIR alapú mozgásérzékelő rendszereknek, vagy azok kiegészíthetők vele. Az alkalmazhatósága nagyon sokrétű, kiváló automatikusan nyíló ajtók, vagy energiatakarékosági

megfontolásokból használt automatikus világításkapcsolók, automatikusan kikapcsolódó klímák, TV képernyők, vagy számítástechnikai berendezések mozgásérzékelőjeként. Készíthető vele légzés- vagy szívverésdetektor is. A mikrohullámú Doppler technológia biztosította sebességmérés révén speciális sport-alkalmazásokban is hasznos lehet, egy megvalósított felhasználás például a golfütők lendítési sebességének mérése.

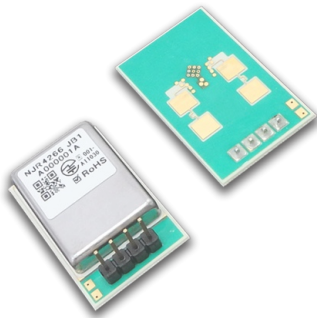
További Doppler modulok

Az NJR4265 sztenderd Doppler modul testvére a vékony kivitelű NJR4266 modul, mely szintén egy intelligens emberi mozgást érzékelő modul. Képes észlelni az alacsony sebességgel mozgó tárgyakat, például egy gyalogost kis távolságban (7-14 m). Az alkalmazott jelfeldolgozó technológia nagymértékben csökkenti a környezeti zaj miatti téves észlelést, stabil észlelési eredményeket ér el, és különbséget tesz közeledő és távolodó mozgás közt. Többféle antennatípussal rendelhető, így a felhasználók kiválaszthatják az optimális érzékelési tartományt, és interfésztipusként UART valamint közeledés/távolság/detektálási távolság PIN áll rendelkezésre.

Előtérben az alacsony fogyasztás (impulzus ciklusos táplálás), alacsony feszültség és olcsó kivitel.

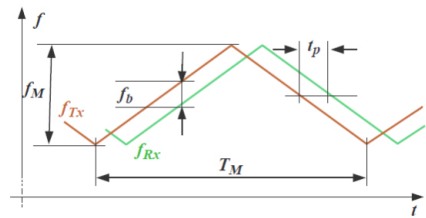
Áramfogyasztása 50% kitöltési tényező mellett (impulzusos táplálás - duty: 5 μs impulzusszélesség, 1 msec ciklusidő esetén) : 1.9mA@3.3V

Tápfeszültsége 0-5V között választható és az EU-ban használatos 24.15GHz ... 24.25 GHz frekvenciatartományban működő változat is rendelhető.



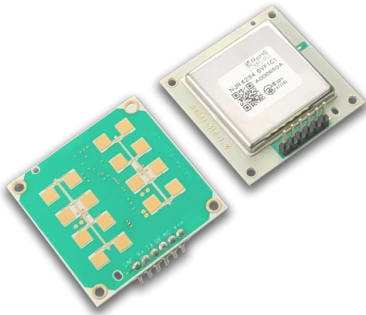
FMCW Radar modulok

Jelenleg a Doppler radarok többféle technológia alapján készülnek, a CW (continuous wave – folyamatos hullám) Doppler, a frekvencia modulált (FM) radarok és ezek kombinációi (FMCW Doppler) terjedtek el a gyakorlatban. A CW Doppler radar csak sebességadat szolgáltatására képes a folyamatosan kibocsátott és a visszaverődő frekvencia különbségének mérésével. A korai megoldások szinte mind CW technológiával készültek, ezeket követte hamarosan a frekvenciamodulált CW radarok (FMCW) megjelenése, mely a



kibocsátott frekvencia fűrészfellel történő modulálásának segítségével mozgó és álló objektumok távolságának meghatározására is alkalmas. Az FMCW frekvenciamodulált hordozója lineárisan változik fűrészfellel történő moduláció okán (lsd. ábra) A transceiver kimenetén jelentkező alacsony frekvencia a kibocsátott és a visszavert modulált frekvencia különbségként keletkezik. A legtöbb RFbeam szenzor analóg FM bemenettel is rendelkezik, és néhány esetben a moduláció digitális vezérléssel is biztosítható. A K-Band (24GHz) eszközök megengedhető legmagasabb modulációs frekvenciája 250MHz, de a hőmérsékletváltozás hatásait és tolerancia kérdését is figyelembe véve ez az érték általában 150 MHz-re korlátozódik, így a felbontás (és a minimális távolság) kb 1 méter.

Az FMCW alkalmazható jelenlét detektálásra is, úgy, hogy betanítjuk a rendszert az üres háttér környezetben, majd az új céltárgy megjelenésével a kimenet eltér a betanított és rögzített értéktől, azaz a változás (jelenlét) érzékelése megtörténik.



A NISSHINBO FMCW radar kínálatában szereplő modulok közül elsőként említenénk a NJR4234BW érzékelő modult, amely képes mérni egy mozgó és/vagy álló tárgy távolságát 20 m-felett, a beépített 24 GHz-es sávu mikrohullámú áramkör, antenna és jelfeldolgozó áramkör segítségével. A kivitele alacsony, a tokozás mérete mindössze 38 x 38 x 4,2 mm.

Mikrohullámú távolságmérésre képes szenzor, mely lehetővé teszi mozgó tárgyak észlelését, és az alkalmazott innovatív jelfeldolgozás segítségével akár álló objektumok távolságának mérésére is alkalmazható beltéri és kültéri környezetben egyaránt. Egyedülálló algoritmussal rendelkezik a rádióinterferenciák kiszűrésére, így több érzékelő egyidejű, párhuzamos használatára is lehetőség van ugyanazon a helyen.

A másik érdekes távolságmérő modul az NJR4652, mely a világon jelenleg a

legkisebb FMCW radar modul, mely azonban nem a 24 GHz-es sávot, hanem 61-61,5 GHz frekvenciájú mm sávot használ.



Az IC-hez hasonló felületszerelt kivitelben készülő tokozásával és a 24mA@3.6V alacsony fogyasztásával kiválóan illeszkedik különböző IoT alkalmazásokhoz, mint a jelenlét érzékelés és az objektum számlálás. Változatos interfészekon keresztül képes az MCU-val kommunikálni, megtalálhatók rajta a következők : UART, SPI, I²C, USB és GPIO